

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-063934
(43)Date of publication of application : 10.03.1995

(51)Int.Cl. G02B 6/122

(21)Application number : 05-213893

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 30.08.1993

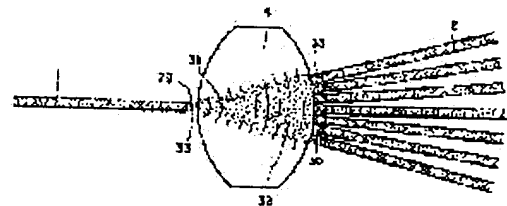
(72)Inventor : SUZUKI SENTA
OKAMOTO KATSUNARI

(54) OPTICAL WAVEGUIDE CIRCUIT

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical waveguide circuit consisting of a plane waveguide and rectangular waveguide having excellent reproducibility with easy production.

CONSTITUTION: This optical waveguide circuit consists of combination of the plane waveguide 5 formed within a clad on a substrate and the rectangular waveguides 1, 2 connected to the plane waveguide 5. The connecting parts of the plane waveguide 5 and the rectangular waveguides 1, 2 separate the plane waveguide 5 and the respective rectangular waveguides 1, 2 at spacings 29, 30 and the respective rectangular waveguides 2 are separated from each other at the spacings.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.12.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-63934 ✓

(43)公開日 平成7年(1995)3月10日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/122		8106-2K	G 0 2 B 6/ 12	D

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-213893

(22)出願日 平成5年(1993)8月30日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 鈴木 扇太

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 岡本 勝就

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

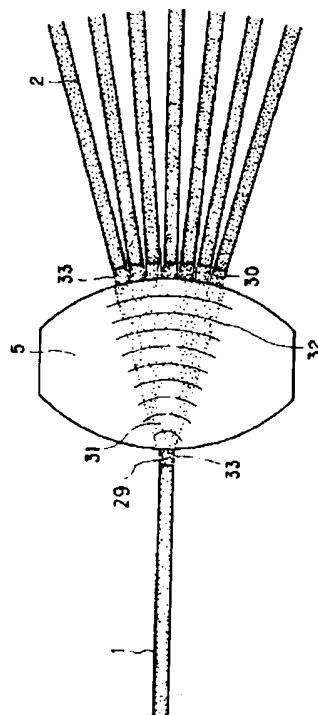
(74)代理人 弁理士 光石 俊郎 (外1名)

(54)【発明の名称】 光導波回路

(57)【要約】

【目的】 製作が容易で且つ再現性に優れた、平面導波路と矩形導波路から構成される光導波回路を提供する。

【構成】 基板上のクラッド内に作製した平面導波路と該平面導波路に接続される矩形導波路との組み合わせからなる光導波回路において、前記平面導波路5と前記矩形導波路1、2との接続部分が、平面導波路5と各矩形導波路1、2とを間隙29、30をもって分離し、かつ各矩形導波路2同士を間隔をもって分離してなることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上にクラッド内に作製した平面導波路と該平面導波路に接続される矩形導波路との組み合わせからなる光導波回路において、

前記平面導波路と前記矩形導波路との接続部分が、平面導波路と各矩形導波路とを間隙を有して分離し、かつ各矩形導波路同士を間隙を有して分離してなることを特徴とする光導波回路。

【発明の詳細な説明】

【00001】

【産業上の利用分野】 本発明は、基板上に形成された平面導波路と矩形導波路の組み合わせからなる光導波回路に関するものである。

【00002】

【従来の技術】 集積型光導波回路において、平面導波路と矩形導波路は導波路の基本構造であり、それらの組み合わせにより、光パワーを分ける光分岐回路や波長毎に光を分離する光分岐回路などが作られている。

【00003】 図6は、平面導波路と複数の矩形導波路の組み合わせから構成される従来の光分岐回路を示す図であって、同図の(a)は上面図、同図の(b)はA-B線方向の断面図である。図6において、1は入力用の矩形導波路、2は出力用の矩形導波路、3は入力用の矩形導波路からつながるテーパ導波路、4は出力用の矩形導波路につながるテーパ導波路、5は平面導波路、6は基板、7はクラッドである。31は導波路中を伝搬する光を示す網掛け、32は回折で広がる光の等位相面を示す細線であり、後述する図面においても同様に用いている。

【00004】 入力用の矩形導波路1から導かれてきた光は、平面導波路5において回折効果のため横方向に広がり、その後、回折波の等位相面円周上にアレイ状に整列したテーパ導波路4で受光され出力用の矩形導波路2に導かれる。その際、光パワーを効率的に出力用の矩形導波路2に分配するために、テーパ導波路4同士に囲まれたクサビ形の先端幅は等であるような理想形状にされている。なお、入力用の矩形導波路1、出力用の矩形導波路2、テーパ導波路3、4および平面導波路5は、断面を表す図6の(b)に示すように、基板6上のクラッド7の中に構成されている。

【00005】 図7は、従来技術の第2の例を示す図であって、平面導波路14に入力用の矩形導波路8と出力用の矩形導波路11を接続した構造を有し、複数の入力用の矩形導波路8からの光信号を全ての出力用の矩形導波路11に等分配する光スターカプラが例示されている。ダミー導波路10と13は、中央に位置する矩形導波路と端に位置する矩形導波路の構造的条件を等しくするために設けられている。また、平面導波路14と入力用の矩形導波路8および出力用の矩形導波路11は、前述した理由よりテーパ導波路9および12を介して接続され

ている。

【00006】 図8は、従来技術の第3の例を示す図であって、複数の矩形導波路が接続された2個の平面導波路をそれぞれ光路長の異なる複数の矩形導波路アレイで接続した構造を有する光分岐回路が例示されている。

【00007】 入力用の矩形導波路16を導波してきた光は、第1の平面導波路17において回折により広がり、その回折波面と垂直に配置されたテーパ導波路18により受光される。各テーパ導波路に受光された直後の光はそれぞれ等位相関係を帯びているが、所定の光路長差を有する矩形導波路アレイ19を導波することにより、第2の平面導波路21に到達した時点で光路長差分に対応する位相差を生じている。この位相差は波長により異なるため、出力用の矩形導波路23に集光する際には、波長毎に異なる出力用の矩形導波路に集光することになり、光分岐回路として動作する。この動作を逆に言えば、波長の異なる光を1本の導波路に集光することができるので、光合波回路として動作する。平面導波路と矩形導波路の接続点においては、前述した理由によりテーパ導波路16、18、20、22が設けられている。

【00008】 これらのような光分岐回路の作製は、例えば特開昭58-105111号公報に示されているように行えば良い。即ち、 SiCl_4 、 GeCl_4 、 TiCl_4 、 POCl_3 、 BCl_3 の塩化物を出発材料とし、例えば図9の

(a)～(e)に示すように、シリコン等の基板6上にクラッド7、コアガラス層24を順次堆積し、次いで図9の(d)に示すように、エッチング加工により上述の導波路に対応するコア部24-1、24-2をエッチングにより形成し、最後に図9の(e)に示すように、クラッド7を堆積し導波路を埋め込む。

【00009】

【発明が解決しようとする課題】 上述したような光回路においては、低損失化のために矩形導波路同士で囲まれる部分を理想的な鋭角形状に近づけていた。しかし、現実の作製技術では、矩形導波路が近接している部分を鋭角に且つ精度良く加工したり、クラッドで埋め込むことは困難である。エッチング用マスクは感光性レジストに紫外線を照射して形成するが、パターン幅の細い部分では紫外線の回折や集光用レンズの収差などにより、図10に示すような形状変形25、26が生じる問題がある。また、導波路間隔が狭く、かつ複数の導波路に挟まれた袋小路のような構造になっている場合は、導波路埋め込み時に図11に示すようにクラッドガラスが分岐点近傍の矩形導波路間隙に充填されずクラッド7に空隙27が生じる問題もある。即ち、従来においては平面導波路と矩形導波路からなる光導波回路を設計通り再現性良く製作することができず、光パワーを所望の比率で分岐導波路に分配することが困難であった。そのため、ある程度の損失を犠牲にして、図12のように矩形導波路同士の間隔28を大きく設定し、作製時の形状変形を防止

3

する方法などがとられていたが、矩形導波路同士の間隔は数 μm 程度と狭く、微小路の構造であるため、図11で述べたようなクラッド7の空隙27発生を防止することは困難であった。

【0010】本発明は、このような事情に鑑み、製作が容易で且つ再現性に優れた平面導波路と矩形導波路から構成される光導波回路を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するための本発明の構成は、基板上のクラッド7に作製した平面導波路と該平面導波路に接続される矩形導波路との組み合わせからなる光導波回路において、前記平面導波路と前記矩形導波路との接続部分が、平面導波路と各矩形導波路とを間隔をもって分離し、かつ各矩形導波路同士を間隔をもって分離してなることを特徴とする。

【0012】

【作例】上記構成において、矩形導波路同士や平面導波路と矩形導波路との間に間隔が存在するために、導波路加工が容易になる上、導波路間隔にクラッドガラスが供給され易くなって導波路を密に埋め込むことが可能となるため、光導波回路の製作性および再現性が向上される。

【0013】

【実施例】以下、本発明を実施例によりさらに具体的に説明する。図1は、本発明の第1の実施例である光分岐回路を示す。図中、1は入力用の矩形導波路、2は出力用の矩形導波路、5は入力用の矩形導波路からの光を回折効果により広げる平面導波路、29は本発明の特徴である平面導波路5と入力用の矩形導波路1間の間隔、30は本発明の特徴である平面導波路5と複数の出力用の矩形導波路2間の間隔である。また、33は設計の上で補助的に必要であるが実際には作製されない線である。出力用の矩形導波路2は、平面導波路5内で回折して広がる光の等位相面に垂直になるよう配置されている。

【0014】導波路の間隔寸法の最大値は回折による過剰損失で決まり、最小値はエッチング用マスク作製技術で決定される。図2は、導波路間隔と回折による過剰損失の関係を示したグラフである。導波路間隔を設けたことによる過剰損失は、間隔寸法が $1.0\mu\text{m}$ 以下では最大で 0.1dB と十分無視できるほど小さいことが分かる。間隔が小さいほど過剰損失は小さくなるが、通常の紫外線露光装置を用いた場合は $1\mu\text{m}$ 以下の間隔をエッチング用マスクで作製する事は難しく、逆に導波路パターンの変形を生じる危険性が高くなる。さらに、クラッドガラスが間隔に入り込みにくくなるため、上述したような空隙(図11の27参照)が生じる危険性も高くなる。したがって、導波路間隔は $1\sim 1.0\mu\text{m}$ 程度が光結合するために最適であると言える。

【0015】本実施例においては、直径3インチ、厚さ $700\mu\text{m}$ のシリコン基板上に火炎堆積法によって、ま

4

ザクラッド層として組成が $\text{SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-B}_2\text{O}_3$ の多孔質ガラス膜を堆積し、次にコア層として組成が $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-B}_2\text{O}_3$ の多孔質ガラスを堆積し、その後、温度 1390°C の He と O_2 との混合雰囲気中で時間熱処理した。次に、反射性エッチングマスクにより上述したような光導波路パターンを形成し、その後、このコア層を埋め込むように上述したものと同様のクラッド層を形成した。コア寸法は $6.5\times 6.5\text{mm}$ 、コアガラスとクラッドガラスの屈折率差は 0.75 である。

10 【0016】このようにして、導波路間隔29、30により、急峻な形状や鋭いエッジが無くするため、上述のエッチング工程における導波路パターンの変形が防止される。また、導波路を埋め込むクラッドガラスが導波路間隔に入り込み易くなるために、導波路間に空隙の発生も防止される。また、反射率元もコアガラスとクラッドガラスの屈折率差が小さいため問題にならない。この結果、本発明により光導波回路を設計通りに再現性良く製作することが可能となる。以下に説明する実施例においても、同様の効果が得られる。

20 【0017】図3は、本発明の第2の実施例を示す図であり、第1の実施例である光分岐回路において矩形導波路と平面導波路との接続部にテーパ導波路を用いたものである。図中、1は入力用の矩形導波路、2は出力用の矩形導波路、3は入力用の矩形導波路1からつながるテーパ導波路、4は出力用の矩形導波路2につながるテーパ導波路、5は入力用の矩形導波路1からの光を回折効果により広げる平面導波路、29は本発明の特徴である平面導波路5と入力用の矩形導波路1、3間の間隔、30は本発明の特徴である平面導波路5と複数の出力用の矩形導波路2、4間の間隔である。テーパ導波路4は、平面導波路5内で回折して広がる光の等位相面に垂直になるよう配置されている。

【0018】図4は、本発明の第3の実施例である光スターカプラを示す。平面導波路15を中心に対向するように入力用テーパ導波路10、出力用テーパ導波路13が配置され、該テーパ導波路は入力用の矩形導波路9、出力用の矩形導波路12に接続されており、任意の入力用の矩形導波路からの光信号を全ての出力用の矩形導波路に分配する機能を有している。前記テーパ導波路10、13と平面導波路15の接続部には、本発明の特徴である平面導波路と複数の矩形導波路間隔30が設けられている。

【0019】図5は、本発明の第4の実施例である光合分岐回路を示す。複数の入力用の矩形および出力用の矩形導波路が接続された2個の平面導波路をそれぞれ元路長り異なる複数の矩形導波路でレイアウトを構成を有する光合分岐回路である。入力用の矩形導波路16と出力用の矩形導波路24につながるテーパ導波路17、23および所定遅延路長差を有するレイ導波路20につながるテーパ導波路19と21と、2個のレンズ作用を

有する平面導波路18、22の接続部には、本発明の特徴である導波路間の間隙30がそれぞれ設けられている。

【0020】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、平面導波路と矩形導波路との接続部分を、平面導波路と各矩形導波路とを間隙をもって分離し、かつ各矩形導波路同士を間隙をもって分離して構成したりで、製作が容易で且つ再現性に優れた、平面導波路と複数の矩形導波路とから構成される光導波回路を実現することが可能となる。

【区面の簡単な説明】

【図1】本発明の係る第1の実施例である元分岐回路を示す説明図である。

【図2】導波路間隙と回折による過剰損失の関係を示すグラフである。

【図3】本発明の係る第2の実施例である元分岐回路を示す説明図である。

【図4】本発明の係る第3の実施例である光スターカプラを示す説明図である。

【図5】本発明の係る第4の実施例である元合分岐回路を示す説明図である。

【図6】従来技術の係る光分岐回路を示す説明図である。

【図7】従来技術の係る光スターカプラを示す説明図である。

【図8】従来技術の係る光合分岐回路を示す説明図である。

【図9】光導波路の作製方法を示す説明図である。

【図10】従来技術の係る第1の問題点を示す説明図である。

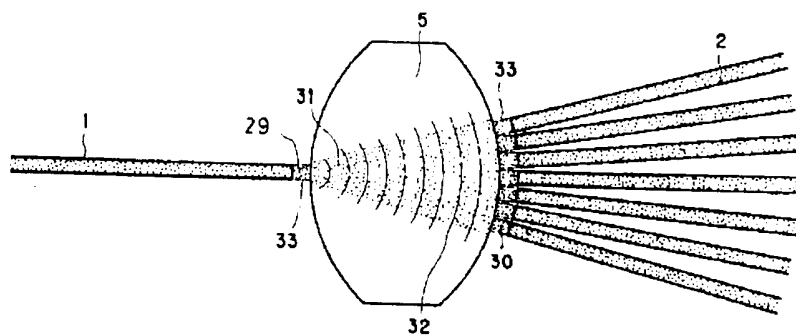
【図11】従来技術の係る第2の問題点を示す説明図である。

【図12】従来の解決方法における導波路構造を示す説明図である。

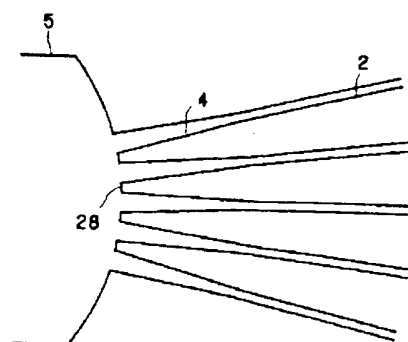
【符号の説明】

- 1 入力用の矩形導波路
- 2 出力用の矩形導波路
- 3 入力用の矩形導波路からつながるテーパ導波路
- 4 出力用の矩形導波路からつながるテーパ導波路
- 5 平面導波路
- 6 基板
- 7 クラッド
- 8 光スターカプラ入力用の矩形導波路
- 9 入力用の矩形導波路からつながるテーパ導波路
- 10 入力側ダミー導波路
- 11 光スターカプラ出力用の矩形導波路
- 12 出力矩形導波路につながるテーパ導波路
- 13 出力側ダミー導波路
- 14 光スターカプラ平面導波路
- 15 元合分岐回路入力用の矩形導波路
- 16 入力用の矩形導波路からつながるテーパ導波路
- 17 矩形導波路アレイに光を分配するための第1の平面導波路
- 18 矩形導波路アレイにつながるテーパ導波路
- 19 光路長差を有する矩形導波路アレイ
- 20 矩形導波路アレイからつながるテーパ導波路
- 21 集光作用を有する第2の平面導波路
- 22 出力用の矩形導波路からつながるテーパ導波路
- 23 元合分岐回路出力用の矩形導波路
- 24 コアカラス層
- 24-1、24-2 エッチング後のコア部
- 25、26 テーパ導波路の変形部分
- 27 クラッド間に生じた空隙
- 28 変形防止のための従来構造
- 29 平面導波路と矩形導波路接続点の間隙
- 30 平面導波路と複数の矩形導波路接続点の間隙
- 31 導波路中を伝搬する光を示す網掛け
- 32 回折で広がる光の等位相面を示す細線
- 33 設計の上で補助的に必要であるが実際には作製されていない線

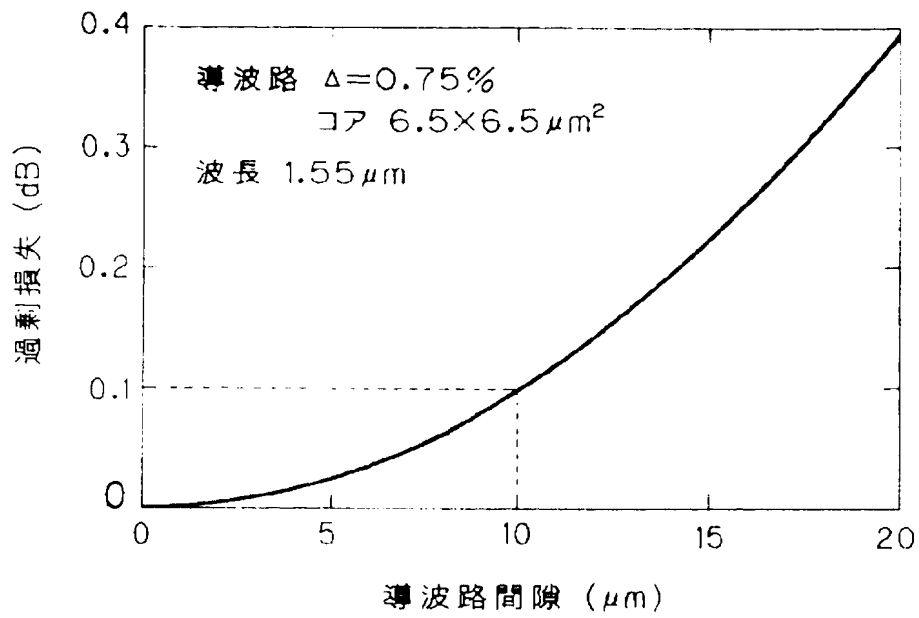
【図1】



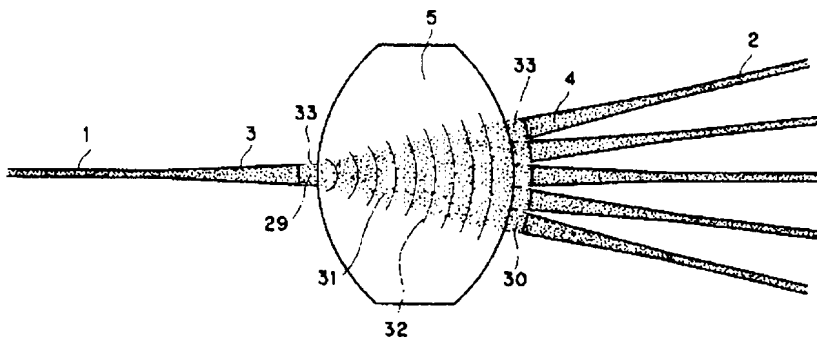
【図12】



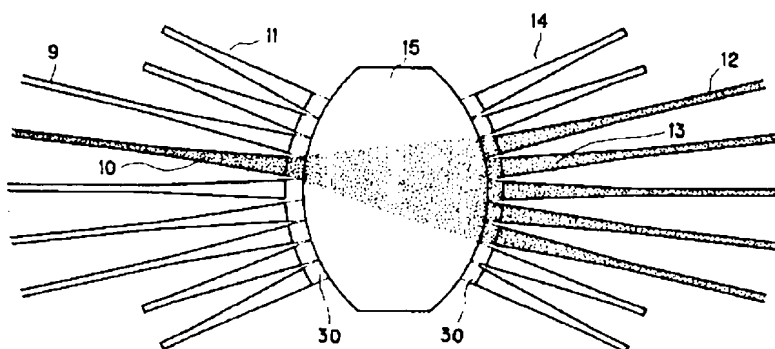
【図2】



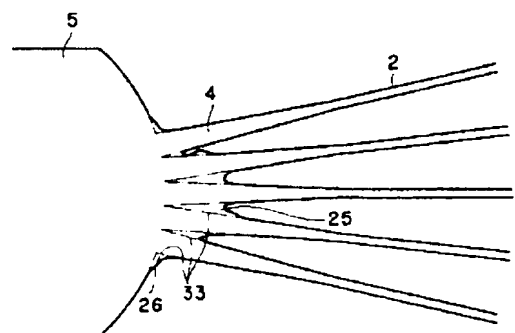
【図3】



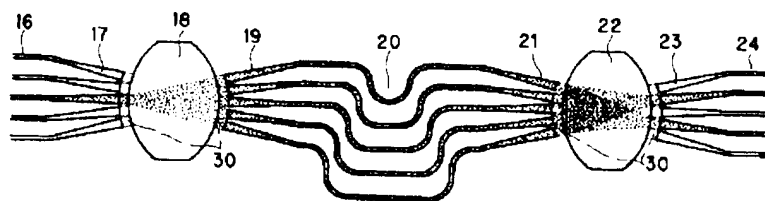
【図1】



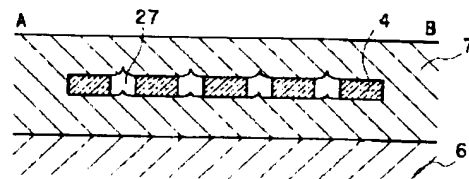
【図10】



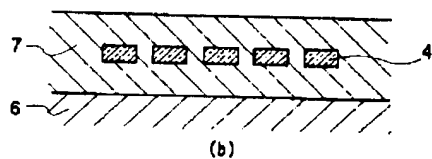
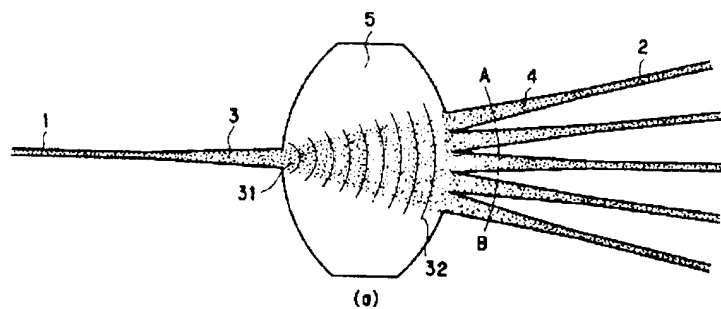
【図 5】



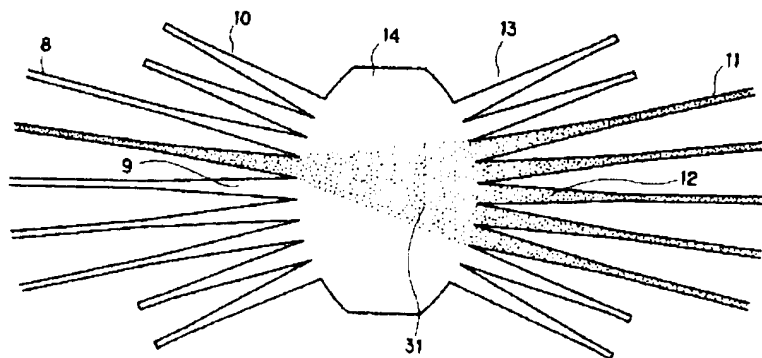
【図 11】



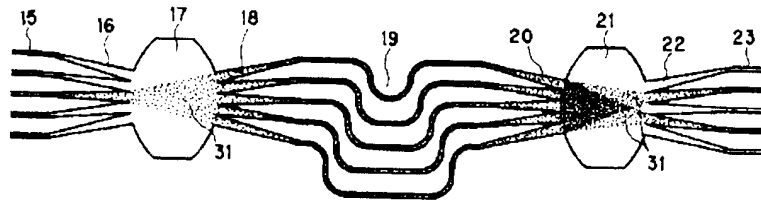
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

